

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 05-257533
 (43) Date of publication of application : 08.10.1993

(51) Int.Cl. G05D 1/02
 A47L 11/00

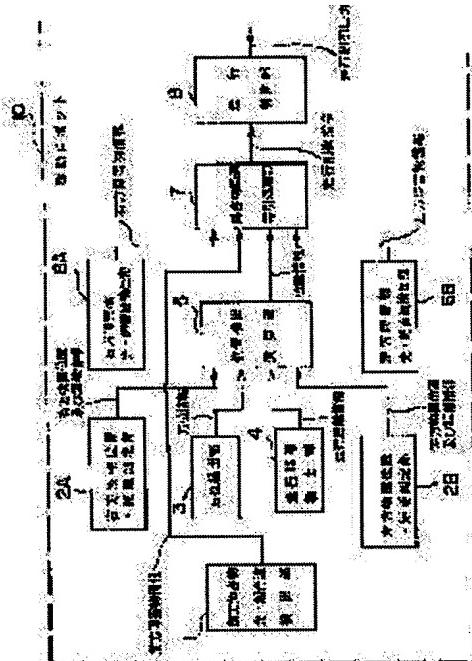
(21) Application number : 04-053819 (71) Applicant : TOKIMEC INC
 (22) Date of filing : 12.03.1992 (72) Inventor : ONARI YASUKE
 SUGANO KENJI
 ARIMOTO TETSUYA
 TAKEUCHI NAOYUKI

(54) METHOD AND DEVICE FOR SWEEPING FLOOR SURFACE BY MOVING ROBOT

(57) Abstract:

PURPOSE: To enable a moving robot, which sweeps a floor surface, to efficiently and safely sweep all given work areas throughly without overlapping while avoiding obstacles.

CONSTITUTION: This device is provided with a robot position detecting operation part 5 including a direction detecting part 3 and a covered distance detecting part 4, front, right, and left obstacle optical and ultrasonic detections parts 1, 6A, and 6B which detect obstacles existing in the front, the right, and the left of the robot respectively, and an obstacle avoiding sweep processing part 7 which makes a plan to throughly sweep the floor, surface of a prescribed work area while avoiding obstacles by position information from the position detecting operation part 5 and obstacle information from optical and ultrasonic detection parts 1, 6A, and 6B and outputs a running control command of the moving robot based on the plan.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-257533

(43)公開日 平成5年(1993)10月8日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	府内整理番号	F I	技術表示箇所
G 05 D 1/02	S	7828-3H		
A 47 L 11/00				
G 05 D 1/02	J	7828-3H		
	L	7828-3H		

審査請求 未請求 請求項の数8(全23頁)

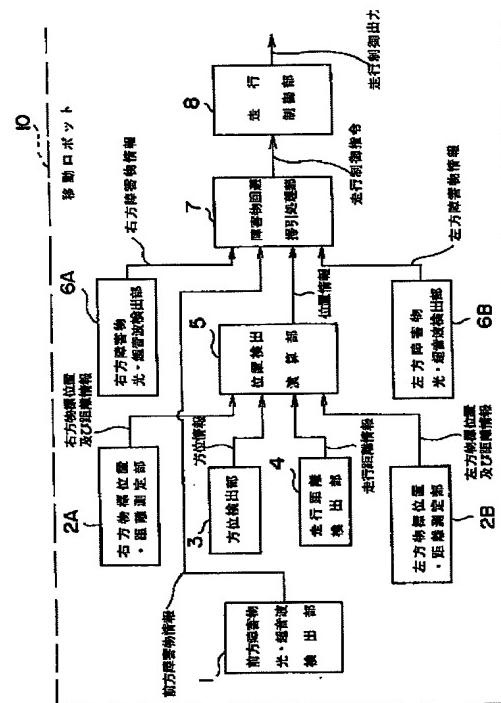
(21)出願番号	特願平4-53819	(71)出願人	000003388 株式会社トキメック 東京都大田区南蒲田2丁目16番46号
(22)出願日	平成4年(1992)3月12日	(72)発明者	小齊 弥祐 東京都大田区南蒲田2丁目16番46号 株式会社トキメック内
		(72)発明者	菅野 賢治 東京都大田区南蒲田2丁目16番46号 株式会社トキメック内
		(72)発明者	有本 哲也 東京都大田区南蒲田2丁目16番46号 株式会社トキメック内
		(74)代理人	弁理士 佐々木 宗治 (外3名) 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 移動ロボットの床面掃引方法及び装置

(57)【要約】

【目的】 床面を作業する移動ロボットが、障害物を回避しながら与えられたすべての作業領域を余す所なく、また重複する所なく、効率良く且つ安全に作業を遂行できる移動ロボットの床面掃引方法及び装置を得ること。

【構成】 方位検出部3及び走行距離検出部4を含むロボットの位置検出演算部5と、ロボットの前方並びに左右の方向に存在する障害物をそれぞれ検出する前方障害物光・超音波検出部1並びに右方及び左方障害物光・超音波検出部6A及び6Bと、前記位置検出演算部5からの位置情報及び前記各方向の光・超音波検出部1, 6A及び6Bからの障害物情報により、障害物を回避しながら所定作業領域の床面を余すところなく掃引する計画を生成し、該計画に基づき移動ロボットの走行制御指令を出力する障害物回避掃引処理部7とを備えたもの。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定作業領域の床面を移動しながら作業を行なう移動ロボットの床面掃引方法において、前記移動ロボットの進行方位を検出する工程及び走行距離を検出する工程を含み、ロボットの位置を算出する位置検出演算工程と、前記所定作業領域内における移動ロボットの進行方向を含む複数の方向のいずれかに存在する障害物を検出する障害物検出工程と、前記位置検出演算工程が演算した移動ロボットの位置情報及び前記障害物検出工程が検出した障害物情報により、障害物を回避しながら、前記所定作業領域の床面を余すところなく掃引する計画を生成し、該生成した掃引計画に基づき、移動ロボットの走行制御指令を出力する障害物回避掃引処理工程とを有し、前記障害物回避掃引処理工程は、障害物の存在しない領域においては所定の移動定型パターンにより掃引処理する障害物不在領域掃引処理工程と、移動ロボットの進行前面に障害物が存在する領域では、これを回避する移動可能領域において前記移動定型パターンによる掃引を継続すると共に、障害物存在領域の直前及び直後にそれぞれ所定距離を移動することができたスルーパスを認識し、該 2 つのスルーパスに挟まれた領域を障害物存在領域として認識する障害物存在領域掃引及び認識処理工程と、前記障害物存在領域の直後に認識されたスルーパスの終了点から前記移動定型パターンにより、前記障害物存在領域内の未掃引領域を掃引処理する障害物存在未掃引領域掃引処理工程とを含むことを特徴とする移動ロボットの床面掃引方法。

【請求項 2】 前記移動ロボットからその左方及び右方に存在する物標の位置と該物標までの距離をそれぞれ超音波により測定する物標位置及び距離測定工程を付加した前記ロボットの位置検出演算工程を有する請求項 1 記載の移動ロボットの床面掃引方法。

【請求項 3】 前記所定作業領域を細分化した各単位面積にそれぞれ対応して設けられた管理地図用情報メモリと、該管理地図用情報メモリに障害物の存在情報や作業管理情報を作業の進捗に応じて順次記憶させ、必要に応じ更新させる情報処理工程とを付加した障害物回避掃引処理工程を有する請求項 1 または請求項 2 記載の移動ロボットの床面掃引方法。

【請求項 4】 前記障害物存在領域内に前記移動定型パターンによっては移動できないクローズ領域が存在する場合には、該クローズ領域内で旋回可能領域を探索し、該旋回可能領域を利用する移動可能領域の掃引処理と、該掃引処理終了後に前記クローズ領域から旋回可能領域を経由する脱出処理とを行なうクローズ領域掃引及び脱出処理工程を付加した障害物回避掃引処理工程を有する

請求項 1、請求項 2、または請求 3 記載の移動ロボットの床面掃引方法。

【請求項 5】 所定作業領域の床面を移動しながら作業を行なう移動ロボットの床面掃引装置において、前記移動ロボットの進行方位を検出する手段及び走行距離を検出する手段を含みロボットの位置を算出する位置検出演算手段と、前記所定作業領域内における移動ロボットの進行方向を含む複数の方向のいずれかに存在する障害物を検出する障害物検出手段と、前記位置検出演算手段が演算した移動ロボットの位置情報及び前記障害物検出手段が検出した障害物情報により、障害物を回避しながら前記所定作業領域の床面を余すところなく掃引する計画を生成し、該生成した掃引計画に基づき移動ロボットの走行制御指令を出力する障害物回避掃引処理手段とを備え、前記障害物回避掃引処理手段は、障害物の存在しない領域においては所定の移動定型パターンにより掃引処理する障害物不在領域掃引処理手段と、移動ロボットの進行前面に障害物が存在する領域では、これを回避する移動可能領域において前記移動定型パターンによる掃引を継続すると共に、障害物存在領域の直前及び直後にそれぞれ所定距離を移動することができたスルーパスを認識し、該 2 つのスルーパスに挟まれた領域を障害物存在領域として認識する障害物存在領域掃引及び認識処理手段と、前記障害物存在領域の直後に認識されたスルーパスの終了点から前記移動定型パターンにより、前記障害物存在領域内の未掃引領域を掃引処理する障害物存在未掃引領域掃引処理手段とを含むことを特徴とする移動ロボットの床面掃引装置。

【請求項 6】 前記移動ロボットからその左方及び右方に存在する物標の位置と該物標までの距離をそれぞれ超音波により測定する物標位置及び距離測定手段を付加した前記ロボットの位置検出演算手段を備えた請求項 5 記載の移動ロボットの床面掃引装置。

【請求項 7】 前記所定作業領域を細分化した各単位面積にそれぞれ対応して設けられた管理地図用情報メモリと、該管理地図用情報メモリに障害物の存在情報や作業管理情報を作業の進捗に応じて順次記憶させ、必要に応じ更新させる情報処理手段とを付加した障害物回避掃引処理手段を備えた請求項 5 または請求項 6 記載の移動ロボットの床面掃引装置。

【請求項 8】 前記障害物存在領域内に前記移動定型パターンによっては移動できないクローズ領域が存在する場合には、該クローズ領域内で旋回可能領域を探索し、該旋回可能領域を利用する移動可能領域の掃引処理と、該掃引処理終了後に前記クローズ領域から旋回可能領域を経由する脱出処理とを行なうクローズ領域掃引及び脱出処理工程を付加した障害物回避掃引処理工程を有する

出処理手段を付加した障害物回避掃引処理手段を備えた請求項5、請求項6、または請求項7記載の移動ロボットの床面掃引装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、所定作業領域の床面を移動しながら作業を行なう移動ロボットの床面掃引方法及び装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在、工場や倉庫等において、部品や荷物を運ぶ無人搬送ロボットが使用されている。この無人搬送ロボットはある地点から目的地まで物品を搬送することが本来の目的であり、この目的を達成するために、障害物検知センサにより走行ルート上に障害物を発見した場合に、逐次障害物を回避する最適経路を再計画しながら移動できるものが多い。しかし、床面を清掃するロボットや、床面上にセメントのコテ仕上げをするロボットのような「床面作業ロボット」の場合には、与えられたすべての領域を余す所なく、且つ重複する所なく掃引(移動)して作業をすることが本来の目的であり、上記の掃引が行なわれると、作業ロボットは掃引中に作業を自動的に行なうものが多い。従って、床面作業ロボットが掃引(移動)中に、障害物検知センサにより移動ルート上に障害物を発見した場合は、上記本来の目的を損なわないように障害物を回避して掃引を行なう必要があり、この掃引方法はおのずと上記無人搬送ロボットの場合と異なるものとなる。

【0003】前記床面作業ロボットが障害物を回避して掃引を行なうための指針は下記のようになる。

(a) 領域の作業中には、同一障害物に何度も出会うことになり、一過的に回避を繰返すと作業上の無駄が多い。従って領域内の作業を効率よく遂行するという目的に適合する大局的な掃引アルゴリズムを有すること。

(b) 障害物回避により作業が出来なくなる面積を極力少なくすること。

(c) 障害物と衝突しない安全率の向上が計られていること。

(d) 迷走しない掃引アルゴリズムであること。

(e) 障害物検出手段として比較的低価格の超音波センサや光学式センサを用いて、実現可能な掃引アルゴリズムであること。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら前記床面作業ロボットは、ごく最近誕生したものであり、前記床面作業ロボットが障害物を回避して掃引を行なうための指針(a)～(e)を満足させるような移動ロボットの床面掃引方法及び装置はまだ開発されてない現状である。従って、障害物を回避する際に無人搬送ロボット用に開発された障害物回避アルゴリズムを使用すると領域内の作業を効率よく遂行することができないという問題

点があった。

【0005】本発明はかかる問題点を解決するためになされたもので、床面を作業する移動ロボットが、障害物を回避しながら、与えられたすべての領域を余す所なく、また重複する所なく、効率良く且つ安全に作業を遂行できる移動ロボットの床面掃引方法及び装置を得ることを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1または請求項5に係る移動ロボットの床面移動方法または装置は、所定作業領域の床面を移動しながら作業を行なう移動ロボットの床面掃引方法または装置において、前記移動ロボットの進行方位を検出する手段及び走行距離を検出する手段を含みロボットの位置を算出する位置検出演算手段と、前記所定作業領域内における移動ロボットの進行方向を含む複数の方向のいずれかに存在する障害物を検出する障害物検出手段と、前記位置検出演算手段が演算した移動ロボットの位置情報及び前記障害物検出手段が検出した障害物情報により、障害物を回避しながら前記所定作業領域の床面を余すところなく掃引する計画を生成し、該生成した掃引計画に基づき、移動ロボットの走行制御指令を出力する障害物回避掃引処理手段とを備え、前記障害物回避掃引処理手段は、障害物の存在しない領域においては所定の移動定型パターンにより掃引処理する障害物不在領域掃引処理手段と、移動ロボットの進行前面に障害物が存在する領域では、これを回避する移動可能領域において前記移動定型パターンによる掃引を継続すると共に、障害物存在領域の直前及び直後にそれぞれ所定距離を移動することができたスルーパスを認識し、該2つのスルーパスに挟まれた領域を障害物存在領域として認識する障害物存在領域掃引及び認識処理手段と、前記障害物存在領域の直後に認識されたスルーパスの終了点から前記移動定型パターンにより前記障害物存在領域内の未掃引領域を掃引処理する障害物存在未掃引領域掃引処理手段とを含むものである。

【0007】本発明の請求項2または請求項6に係る移動ロボットの床面掃引方法または装置は、前記請求項1または請求項5に係る移動ロボットの床面掃引方法または装置において、前記移動ロボットからその左方及び右方に存在する物標の位置と該物標までの距離をそれぞれ超音波により測定する物標位置及び距離測定手段を附加した前記ロボットの位置検出演算手段を備えたものである。

【0008】本発明の請求項3または請求項7に係る移動ロボットの床面掃引方法または装置は、前記請求項1もしくは請求項2、または請求項5もしくは請求項6に係る移動ロボットの床面掃引方法または装置において、前記所定作業領域を細分化した各単位面積にそれぞれ対応して設けられた管理地図用情報メモリと、該管理地図用情報メモリに障害物の存在情報や作業管理情報を作業

の進捗に応じて順次記憶させ、必要に応じ更新させる情報処理手段とを付加した障害物回避掃引処理手段を備えたものである。

【0009】本発明の請求項4または請求項8に係る移動ロボットの床面掃引方法または装置は、前記請求項1乃至請求項3のいずれか、または請求項5乃至請求項7のいずれかに係る移動ロボットの床面掃引方法または装置において、前記障害物存在領域内に前記移動定型パターンによっては移動できないクローズ領域が存在する場合には、該クローズ領域内で旋回可能領域を探索し、該旋回可能領域を利用する移動可能領域の掃引処理と、該掃引処理終了後に前記クローズ領域から旋回可能領域を経由する脱出処理とを行なうクローズ領域掃引及び脱出処理手段を付加した障害物回避掃引処理手段を備えたものである。

【0010】

【作用】本請求項1または請求項5に係る発明においては、所定作業領域の床面を移動しながら作業を行なう移動ロボットの床面掃引方法または装置において、位置検出演算手段は前記移動ロボットの進行方位を検出する手段及び走行距離を検出する手段を含みロボットの位置を算出する。障害物検出手段は前記所定作業領域内における移動ロボットの進行方向を含む複数の方向のいずれかに存在する障害物を検出する。障害物回避掃引処理手段は前記位置検出演算手段が演算した移動ロボットの位置情報及び前記障害物検出手段が検出した障害物情報により、障害物を回避しながら前記所定作業領域の床面を余すところなく掃引する計画を生成し、該生成した掃引計画に基づき移動ロボットの走行制御指令を出力する。また前記障害物回避掃引処理手段は障害物不在領域掃引処理手段、障害物存在領域掃引及び認識処理手段並びに障害物存在未掃引領域掃引処理手段とを含む。そして、前記障害物不在領域掃引処理手段は障害物の存在しない領域において所定の移動定型パターンにより掃引処理を行なう。障害物存在領域掃引及び認識処理手段は、移動ロボットの進行前面に障害物が存在する領域では、これを回避する移動可能領域において前記移動定型パターンによる掃引を継続すると共に、障害物存在領域の直前及び直後にそれぞれ所定距離を移動することができたスルーパスを認識し、該2つのスルーパスに挟まれた領域を障害物存在領域として認識する。障害物存在未掃引領域掃引処理手段は前記障害物存在領域の直後に認識されたスルーパスの終了点から前記移動定型パターンにより前記障害物存在領域内の未掃引領域を掃引処理する。

【0011】本請求項2または請求項6に係る発明においては、前記請求項1または請求項5に係る発明において、前記位置検出演算手段に付加された物標位置及び距離測定手段は、前記移動ロボットからその左方及び右方に存在する物標の位置と該物標までの距離をそれぞれ超音波により測定し、該測定した位置及び距離情報に基づ

き位置検出演算手段は移動ロボットの方位及び位置の誤差を修正する。

【0012】本請求項3または請求項7に係る発明においては、前記請求項1もしくは請求項2、または請求項5もしくは請求項6に係る発明において、前記障害物回避掃引処理手段に管理地図用情報メモリ及び情報処理手段とが付加され、前記管理地図用情報メモリは前記所定作業領域を細分化した各単位面積にそれぞれ対応して設けられる。また情報処理手段は前記管理地図用情報メモリに障害物の存在情報や作業管理情報を作業の進捗に応じて順次記憶させ、必要に応じ更新させる。

【0013】本請求項4または請求項8に係る発明においては、前記請求項1乃至請求項3のいずれか、または請求項5乃至請求項7のいずれかに係る発明において、前記障害物回避掃引処理手段に付加されたクローズ領域掃引及び脱出処理手段は、前記障害物存在領域内に前記移動定型パターンによっては移動できないクローズ領域が存在する場合には、該クローズ領域内で旋回可能領域を探索し、該旋回可能領域を利用する移動可能領域の掃引処理と、該掃引処理終了後に前記クローズ領域から旋回可能領域を経由する脱出処理とを行なう。

【0014】

【実施例】図1は本発明に係る移動ロボットの床面掃引装置の構成を示すブロック図であり、1は前方障害物光・超音波検出部、2Aは右方物標位置・距離測定部、2Bは左方物標位置・距離測定部、3は方位検出部、4は走行距離検出部、5は位置検出演算部、6Aは右方障害物光・超音波検出部、6Bは左方障害物光・超音波検出部、7は障害物回避掃引処理部、8は走行制御部である。また前記1～8の機器は移動ロボット10内に含まれるが、移動ロボット10には、これらのはかに図示されない移動機構（例えは動輪及びモータ等）や作業機構（例えはセメントのコテ仕上げ機構等）等も含まれている。

【0015】図2は本発明に係る移動ロボットの超音波による障害物検出手段の説明図であり、水平面における前方、左方及び右方の3方向における超音波送波ビームと障害物及び壁面をそれぞれ示している。図3は本発明に係る移動ロボットの光学的な障害物検出手段の説明図であり、水平面における前方、左方及び右方の3方向における光検出ビームと障害物及び壁面をそれぞれ示している。図4は超音波測距器の動作を説明する波形図である。

【0016】図2～図4を参照し、図1の各機器の機能及び動作について説明する。前方障害物光・超音波検出部1は、移動ロボット10が走行する前方の障害物を光学的に検出する光検出部と、超音波により検出する超音波検出部の2つにより構成される。ここで超音波検出部は常に前方における障害物の有無をチェックして、もしも前方障害物の存在を検出すると、次に移動ロボット1

0から該当障害物までの距離を測定する機能を有するものである。ここで前方の障害物を検出するため光検出部と超音波検出部の2つを設けた理由を説明する。一般に超音波センサを用いると比較的遠く（数m～10m程度）の物標の距離情報は得られるが、物標の存在する方位情報はあいまいである。また光学式センサは、光検出ビーム方向における物標の有無は検出できるが、検出可能な距離が近距離（例えば2m程度）に限定される。従って移動ロボットが障害物に数m～10m程度接近すると、超音波センサにより前方障害物の検出とその距離測定が行なわれ、移動ロボットがさらに障害物に接近して2m程度になると光学式センサにより該当障害物の検出とその方位情報が得られる。このように光検出部と超音波検出部の2つの検出センサを併用することにより、移動ロボットは比較的遠距離からごく近距離までの前方障害物を確実に検出できると共に、超音波センサによっては不明確な物標方位情報を光学式センサにより補なうことができる。

【0017】図2及び図4により前方障害物超音波検出部を説明する。図2のT₁，R₁₁及びR₁₂により前方障害物検出部は構成される。同図のT₁は送信器、R₁₁及びR₁₂はそれぞれ送信器T₁と距離d₁（例えば25cm程度）を隔てて送波方向と直角方向に設けられた受信器である。送信器T₁は、図4の送信ゲート期間（例えば数ミリ秒）に、例えば20～25kHz程度の発信器出力を送波器に供給し、超音波バースト波を図2に示す送波ビームの指向特性（水平面の指向特性で、物標位置・距離測定部の送波ビームよりも幅が広い指向特性）により前方に送波する。移動ロボット10の前に障害物が存在する場合には、受信器R₁₁及びR₁₂は、ある時間経過して前方障害物から反射され戻ってきた超音波をそれぞれ受信し、該受信信号を増幅後、所定帯域幅のバンドパスフィルタ（BPF）を介して検波して、該検波信号を所定のスレッシュホールドレベルと比較して、このレベルを越えた2値化信号を検出出力として取出す。そして内蔵するカウンタにより超音波の送信開始時刻より検出出力の発生時刻までの時間Tを計測する。この計測時間Tと超音波の空中伝播速度（常温で約330m/秒）とから障害物までの距離情報が得られる。上記各信号の波形は図4に示される。なお、1対の受信器R₁₁及びR₁₂を設けた理由は、三角測量の原理を利用し、この1対の受信器からそれぞれ得られる2つの距離情報から反射物標の正面反射点までの距離及び該反射点の位置を算出できるようにするためである。この算出方法についても、右方物標位置・距離測定部2Aにおいて説明する。

【0018】図3により前方障害物光検出部を説明する。図3のE₁及びP₁により前方障害物光検出部は構成され、E₁は投光器、P₁は受光器である。投光器E₁は、例えば可視光を発光し、光学レンズにより集光し、狭い光検出ビーム（例えば数度～10度）として前

方に投光する。受光器P₁は投光器E₁とごく近接した位置に設けられ、前方障害物からの反射光を受光し、光・電変換された受光信号を增幅後、所定のスレッシュホールドレベルと比較して検出出力を得る。この光検出部で物標を検出できる最大距離は約2m程度であるが、この範囲内における障害物の検出と、狭い光検出ビームによる精度の良い方位情報を得ることが可能となる。従つて光検出部による障害物までの距離情報は期待しない。

【0019】図2により右方物標位置・距離測定部2Aを説明する。また左方物標位置・距離測定部2Bは、2Aと同一のものであり、単に移動ロボット10の右側に装着されるか、左側に装着されるかの相違である。同図のT₃，R₃₁，R₃₂及びA₃により右方物標位置・距離測定部2Aは構成される。そしてT₃は送信器であり所定方位にビーム形成されるバースト超音波を送信する。R₃₁及びR₃₂は1対の受信器であり、それぞれ前記送信器T₃の設置位置（即ち送信位置）から前記超音波送信ビームの中心軸である所定方位と直角方位に等しい距離d₂（三角測量の原理によりd₂は可及的に大きい方が良いが、一般に移動ロボット10の横幅以内となるため、例えば40cm程度）を隔てた両側に設けられる。またA₃は1対の受信器R₃₁及びR₃₂により得られる2つの反射点までの距離情報に基づき、反射物標の位置と該反射物標までの距離を算出する演算器である。この演算器A₃は、例えばマイクロプロセッサ（以下CPUという）、RAM、ROM及び入出力インターフェース等により構成されるものでよい。送信器T₃は送信器T₁よりも高い周波数、例えば40kHz程度の超音波バースト波をホーンを介して狭い送波ビームを形成して所定方位に送波する。例えば、水平面指向特性として送波ビーム幅は約20度程度のビームを形成する。ここで高い周波数の超音波を用いる理由は、波長を短くして距離分解能を向上させるためであり、ホーン等のビーム形成手段を用いるのは方位分解能を良くするためである。受信器R₃₁及びR₃₂は、前方障害物超音波検出部1における動作と同様に、右方物標（図2の例では壁面）からの反射信号のうち、それぞれ受信可能な2つの反射点からの反射信号を個別に受信し、該受信信号を増幅し、所定のBPFを通して検波し、スレッシュホールドレベルと比較して、検出出力を得る。そして超音波の送信開始から検出出力を得るまでの計測時間からそれぞれ前記2つの反射点までの距離を算出する。この2つの距離情報から反射物標の位置と該物標までの距離を算出する演算は内蔵する演算器A₃により行なわれるが、この算出方法は図5により説明する。

【0020】図5は本発明に係る超音波による物標位置及び距離測定法の説明図であり、単に反射物標までの距離を測定するだけではなく、移動ロボット側に設定された相対座標系に基づき、前記反射物標の座標位置（移動ロボットからの超音波送波ビームの中心軸の反射位置）

を算出できるものである。図5において、点Tは超音波の送信位置（以下送信点という）であり、移動ロボット上に設定されたセンサ相対座標であるXY2次元座標の座標原点とする。点R₁及びR₂はそれぞれ反射された超音波の受信位置（以下受信点という）であり、X軸上の座標原点から左右にそれぞれ距離dを隔てた位置とする。Uは被測定物の表面（即ち反射面）であり、点PにおいてX軸との平行線Qと角度aだけ負方向に傾斜している。いま被測定物の反射面Uにおいて、送波ビームの中心軸の反射点をP、送信点Tからの送信波が面Uで反射して受信点R₁で受信されるU面上の反射点をP₁、送信点Tからの送信波が面Uで反射して受信点R₂で受

$$D = S / 2$$

【0022】

$$S = \sqrt{1/2 (S_1^2 + S_2^2 - 2d^2)} \quad \dots (1)$$

【0023】

$$X_p = (S_1^2 - S_2^2) / 8d \quad \dots (2)$$

【0024】

$$Y_p = \sqrt{S^2 - 4X_p^2} / 2 \quad \dots (3)$$

【0025】

$$a = -X_p / Y_p \quad \dots (4)$$

従って移動ロボット10上に相対座標系を設けると、この相対座標系における反射点Pの座標位置と点Pまでの距離が算出できる。この実施例においては、超音波の送信周波数を40kHzとし、送波ビーム幅を20度とした場合に、最小検出距離0.3mから最大検出距離10.0mまでの範囲で反射物標の位置及び距離の算出が可能である。

【0026】図2に示すように移動ロボット10が参照物標になる壁面と並行して移動する場合には、まず方位検出センサの検出方位に基づき移動を行なうが、この場合に右方または左方の物標位置・距離測定部2Aまたは2Bは、移動ロボット10が前記壁面に並進中の複数位置において、壁面の反射位置と該反射位置までの距離を順次測定して、この測定した複数の位置及び距離の情報を一時記憶する。位置検出演算部5は前記記憶した壁面の複数の位置及び距離情報とロボットの位置情報とから壁面の回帰直線をあてはめる。そしてこのあてはめた回帰直線の方位が実際に存在する壁面の方位と一致しない場合には、方位検出センサに誤差があるものとして移動ロボットの方位及び位置データの較正を行なうと共に、前記回帰直線の方位が実在する壁面の方位と一致するよう位移ロボットの走行制御を行なう。即ち移動ロボットと壁面の間の実際の距離が一定になるように走行制御を行なう。

【0027】図1の方方位検出部3は、移動ロボット10の進行方位を検出する部分であり、例えばジャイロコン

信されるU面上の反射点R₂、また直線R₁P₁と直線R₂P₂をそれぞれ延長した延長線の交点をP₀とする。前記交点P₀は、当然直線TPの延長線上にある。

【0021】図5において、点R₁から点P₀までの距離をS₁（S₁=R₁P₁+P₁P₀）、点R₂から点P₀までの距離をS₂（S₂=R₂P₂+P₂P₀）、点Tから点P₀までの距離をS、点Tから点Pまでの距離をD、点Pの座標を（X_p, Y_p）、面Qに対する面Uの傾斜角をaとすると、図5の座標解析を行なうことにより、距離D及び距離Sは次の式（1），（2）で、P点の座標X_p, Y_pは次の式（3），（4）で、傾斜角aは次の式（5）でそれぞれ示される。

$$\dots (1)$$

【数1】

【数2】

【数3】

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

パスや、レートジャイロ等のセンサを用いてロボットの進行方位を検出する。走行距離検出部4は、移動ロボット10の走行距離を検出する部分であり、例えば移動ロボット10の動輪に取付けられたエンコーダからの出力信号を計数することにより走行距離を検出する。位置検出演算部5は、あらかじめ走行を開始する初期座標位置が入力され（図示されないキーボード等から入力する）、方位検出部3からの方位情報、走行距離検出部4からの走行距離情報、右方及び左方物標位置・距離測定部2A及び2Bから参照とする壁面等の位置及び距離情報がそれぞれ入力されることにより、移動ロボット10の現在位置を逐次算出する部分である。従って位置検出演算部5は、例えばCPU、制御プログラムを記憶するROM、データを一時記憶するRAM、データの入出力インターフェース、必要に応じA/D変換器等により構成することができる。またこの位置検出演算において、前記参照物標である壁面の位置及び距離情報を得ることにより、センサからの方位及び走行距離情報に含まれる誤差を補正して精度の良い位置の算出を行なうのは前記説明の通りである。

【0028】図1の障害物回避掃引処理部7は、位置検出演算部5からの作業領域内の位置情報、前方障害物光・超音波検出部1からの前方障害物情報、右方及び左方障害物光・超音波検出部6A及び6Bからの右方及び左方障害物情報がそれぞれ入力されることにより、障害物を回避しながら所定作業領域の床面を余すところなく掃

引する計画を生成し、該生成した掃引計画に基づき直進、停止、旋回等の移動ロボットの走行制御指令を走行制御部8に出力する。また障害物回避掃引処理部7は、作業領域について所要の初期情報（例えば形状や大きさ等）を記憶するメモリや、後述する管理地図用情報メモリ及び該メモリ情報処理手段、並びにクローズ領域掃引及び脱出処理手段等をも含むものである。従って障害物回避掃引処理部7は、一般にCPU、ROM、RAM及びデータ入出力インターフェース等によって構成されるが、CPUが高速で情報処理能力に余裕がある場合には、位置検出演算部5と障害物回避掃引処理部7を同一のハードウェアにより構成することができる。

【0029】走行制御部8は、例えば入力される直進、停止、旋回等の走行制御指令に基づき、実際の走行制御出力を図示されないロボット移動機構に供給する。

【0030】本発明による移動ロボットの床面掃引方法を説明する前に、予備知識として、本発明で使用する用語である「移動定型パターン」、「スルーパス」及び「障害物存在領域」等の意味について説明する。図6は本発明で使用する用語を説明するための図である。同図の(a)は作業領域が長方形の場合の例を、また同図の(b)は作業領域が円形の場合の例をそれぞれ示している。

【0031】まず「移動定型パターン」とは、移動ロボットが掃引する作業領域の形状や障害物の位置等に応じて、その作業の効率や安全性を考慮して決められた一定の好ましき移動パターンである。従って種々の移動パターンのうちから状況に応じて、最も好ましき移動パターンとして選択決定されるものである。具体例として図6の(a)の長方形の作業領域の場合は、掃引開始位置から長手方向の一辺に並行して直進し、これ以上直進できない位置（旋回境界線または障害物の手前）に到達すると、ここで停止し、180°旋回して、作業方向に1つレーンを移動し、反対方向に直進する。そしてこれ以上直進できない位置に到達すると、再び停止、180°旋回、作業方向に1つレーンの移動、反対方向へ直進の移動パターンを繰返す。この長方形の長手方向に直進し、その限界点で1レーン移動して反対方向に直進する移動パターンが、長方形の移動定型パターンである。

【0032】図6の(b)のように作業領域が円形で且つ中心に障害物がある場合には、円の最も外側のレーンに設定された掃引開始位置から所定の半径で円を描くように移動し、旋回境界線の手前で停止し、180°旋回して円の中心方向に1つレーンを移動し、前記1レーン分だけ短くなった半径で反対方向に再び円を描くように移動するパターンを繰返す。または最初のレーンを移動して図の旋回境界線の手前で停止したら、円の中心方向に1つレーンを移動し、前記1レーン分だけ短くなった半径で同一進行方向に、即ち蚊取り線香のように進行するパターンを繰返す。図6の(b)の場合には、上記の

ような移動パターンを移動定型パターンに決めると、走行中に障害物に遭遇してこれを回避する動作の回数が少ないので作業効能は良い。

【0033】「スルーパス」（Through path, T. P. と省略する）とは、移動ロボットが前記移動定型パターンにより移動する場合に、移動ルート上に障害物が存在せず、あらかじめ決められた所定距離を移動することができたレーンであると定義する。図6の(a)では、移動ロボットが一方の旋回境界線の手前から他方の旋回境界線の手前までの直線距離dを移動することができたレーンが「スルーパス」となる。図6の(b)では、レーン毎にスルーパスの弧長が変るが、#nのレーンでは移動ロボットが旋回境界線の片側の手前から反対側の手前までの弧長L_n (n=1, 2, 3...)を移動することができたレーンが「スルーパス」となる。従って移動ロボットにとって「スルーパス」が得られたということは、移動ルート上に障害物が存在せず、所定距離を端から端まで移動することができたことを意味する。

【0034】次に「障害物存在領域」について説明する。いま図6の(a)の作業領域において、移動ロボットが掃引開始位置から前記移動定型パターンによる掃引を行った場合に、#1レーンから#nレーンまでは連続して「スルーパス」が得られ、#(n+1)レーンから#mレーンまでは連続して「スルーパス」が得られず、#(m+1)で再び「スルーパス」が得られたとする。この場合には、#1レーンから#nレーンまでは「障害物不在領域」であり、#(n+1)レーンから#mレーンまでを「障害物存在領域」と定義する。そして再び#(m+1)レーンから「障害物不在領域」に入る。移動ロボットは、上記掃引動作を行いながら、障害物存在領域に入る直前のスルーパス（即ち障害物不在領域の最後のスルーパス）と、障害物存在領域を通過した直後のスルーパスとの2つのスルーパスの完成を検出し、これを記憶して、この2つのスルーパスに挟まれた領域を「障害物存在領域」として認識するようしている。

【0035】図7は本発明による移動ロボットの床面掃引方法を説明するための図である。この図の例においては、作業領域は図6の(a)と同様に長方形であり、上下の壁面と左右の旋回境界線に囲まれた領域が移動ロボット10の作業領域になっている。この作業領域についての所要情報、例えば作業領域の形状、大きさ（形状が長方形の場合は、縦、横の距離）、方位、左右の旋回境界線の位置、ロボットの掃引開始位置、上下が壁面である等のデータは、あらかじめ図示されないキーボード等から移動ロボット10内に入力され、前記所要情報は位置検出演算部5及び障害物掃引処理部7にそれぞれ記憶されている。

【0036】しかしながら、この作業領域内の、どの位置に、どのような形状の障害物が、いくつ存在するかと

いう障害物または障害物群についての情報は、移動ロボット10には全く与えられていない。従って移動ロボット10は床面を掃引し作業を行ないながら、常に自分の廻りのデータを収集して、障害物を検出し、これを回避しながら掃引し、与えられた作業領域は余す所なく、且つ重複する所なく床面作業を行なうものである。この移動ロボット10が自分の廻りのデータを収集できるように、移動ロボット10は図1で説明したように前方、右方及び左方の3方向に物標の検出及び距離測定手段を備えている。

【0037】図7の作業領域の場合には、移動ロボット10は図6の(a)で説明した移動定型パターンにより掃引を行なう。即ち移動ロボット10は作業領域の上部の左側旋回境界線の近傍に設定された掃引開始位置から上部の壁面に並行に直進し、右側旋回境界線の手前で停止し、ここで180度旋回して作業方向に1つ先のレーンに移動し、今度は逆方向に直進する移動パターンを繰返す。この例の場合は、上部壁面から下部壁面に向かう方向(2次元座標のY軸の負方向)が移動ロボットの作業方向になる。またここでレーンとは横幅が移動ロボットの作業幅に等しい通路を意味する。

【0038】図7の例においては、移動ロボット10は掃引開始後、#1レーンから#3レーンまでは連続してスルーパスが得られ、#4レーンから#7レーンまでは連続してスルーパスが得られず、#8レーンで再びスルーパスが得られている。そして#3レーンにおいて障害物存在領域直前のスルーパス(a)が得られ、#8レーンにおいて障害物存在領域直後のスルーパス(b)が得られるから、この2つのスルーパス(a)及び(b)により前後を狭まれた領域が障害物存在領域Bになる。また障害物不在領域は図のAとCになる。

【0039】次に本発明に係る移動ロボット10が床面を掃引し作業を行ないながら、常に自分の廻りのデータを収集する動作について説明する。図1で説明したように本発明に係る移動ロボット10は、自己の前面及び両側面に物標の検出センサを備えており、その検出範囲から、障害物がロボットの前方に現れ、ロボットの行く手を阻む状態になる以前に、数回はその物体の一表面を観測することができる。これはこれらの検出センサが、停止観測では物体表面の一点しか測定できないので、ロボットが移動中に物体の一表面を観測する毎に、その情報を例えれば作業領域を細分化した管理地図(図10及び図11において説明する)を示すメモリに逐次記憶しておくようすれば、障害物の検出漏れの確率を一層減少させると共に、種々の場所から障害物を観測した情報からかなり障害物の形状を知ることができる。従って移動ロボット10は、図7の障害物不在領域Aを掃引しながら、先見的情報として障害物の存在及び大体の位置情報を得ることができる。

【0040】移動ロボット10が図7の障害物存在領域

Bに入ったことを実際に確認するのは、自己の前面に障害物が存在することを検出し、障害物の前面で停止し、回避動作(進行方向を180度旋回して作業方向に1つ先のレーンに移動し、逆方向に直進する動作)を要するときである。上記回避動作の詳細は図9により説明する。この場合に、図7の障害物存在領域直前のスルーパス(a)は、このスルーパス(a)までは障害物不在領域Aであるが、次のレーンから障害物存在領域Bに入る境界を示すものであり、移動ロボット10はこのスルーパス(a)を記憶しておく。

【0041】図7の障害物存在領域Bでは、移動ロボット10は右側の旋回境界線と障害物の手前の領域を、図7の矢印で示す移動パターンで掃引し、床面作業をしながらロボット廻りのデータ収集を行う。そして移動ロボット10は、障害物存在領域直後のスルーパス(b)が得られると、このスルーパス(b)から障害物不在領域Cに入ったこと、並びにこのスルーパス(b)の1つ前のレーンまでが障害物存在領域Bであることを認識する。このように移動ロボット10は、障害物存在領域直前のスルーパス(a)と、障害物存在領域を通過した直後のスルーパス(b)を検出し、この2つのスルーパス(a)及び(b)により挟み込まれた領域を障害物存在領域(ここで障害物は複数の障害物群でもよい)として認識する。

【0042】移動ロボット10は障害物存在領域直後のスルーパス(b)を検出すると、1つ前のレーンで障害物存在領域Bが終了したことを認識し、左側旋回境界線の手前で停止すると、ここで180度旋回して、作業方向と反対方向に戻るように、即ち1つ前のレーンに戻るように移動し、この障害物存在領域B内の未作業領域を掃引し、床面作業とロボット廻りのデータ収集を行なう。このロボット廻りのデータ収集を常に行なうことにより、障害物を種々の側面から観察し、回避動作のみならず、与えられた作業領域を余すところなく、且つ重複するところなく床面作業を行なうための掃引を行なうことができる。

【0043】図8は本発明に係る移動ロボットの床面掃引方法の処理順序を示すフローチャートである。図7を参照し、図8のフローチャートを説明する。図8のステップS1では、移動ロボット10は、例えば図7の掃引開始位置から上部壁面に並行に、床面作業とロボット廻り(前方、右方及び左方)の物標(例えは壁面)または障害物のデータ収集を行ないながら直進する。ステップS2では、移動ロボットの前方で旋回境界線に至るまでに障害物を検出したかを判別し、障害物を検出しない場合にはステップS3に移り、障害物を検出した場合にはステップS5に移る。ステップS3では、移動ロボット10は所定の旋回境界線の手前まで走行し、スルーパスを完成すると、ここで停止し、180度旋回して作業方向に1レーン移動する。そして次のステップS4に移

る。ステップS 4では、すべての作業領域の作業を完了したかの判別を行ない、完了しない場合は再びステップS 1に戻り、完了した場合は掃引を終了する。

【0044】ステップS 5では、ロボットの前方に障害物が検出された場合なので、前回完成したスルーパスを障害物存在領域直前のスルーパスとして認識し記憶する。そしてステップS 6に移る。ステップS 6では、移動ロボット10は検出した障害物の手前で停止し、障害物の回避動作を行なう。ステップS 7では、障害物の回避動作を終えた移動ロボット10は、再び作業及びロボット廻りのデータ収集をしながら直進する。ステップS 8では、障害物存在領域直後のスルーパスが完成したかを判別する。この直後のスルーパスが完成しない場合はステップS 6に戻り、完成した場合はステップS 9に移る。

【0045】ステップS 9では、前記直前及び直後の2つのスルーパスにより狭まれ障害物回避動作を要する障害物存在領域を認識する。ステップS 10では、障害物存在領域内に作業未完了領域を発見したかの判別を行ない、発見した場合はステップS 11に移り、発見しない場合はステップS 4に戻る。ステップS 11では、作業未完了領域内の作業及びロボット廻りのデータ収集をしながら移動する。そしてステップS 9に戻る。そしてすべての作業領域を余すところなく、且つ重複することなく作業を完了すると、ステップS 10及びS 4を経由し

て掃引を終了する。

【0046】本発明に係る移動ロボットの床面掃引方法は、図8で説明したように、障害物存在領域直前及び直後の2つのスルーパス（以下第1のT. P. 及び第2のT. P. と称す）の検索と、検出した障害物を回避して作業を行なう方法が重要であり、以下これらの動作について詳細に説明する。まず第2のT. P. を探す場合においては、特にロボットの前面センサに注意を集中して、進行方向の前方近くに障害物を発見したら回避を行うものとする。ただし、ロボットが既に完成した第1のT. P. の開始点側（図7では左側）の旋回境界線を目指している時に障害物を発見した場合は、必ず障害物を回避し、反対側（第1のT. P. の終了点側）の旋回境界線まで達するようとするという行動方式にする。これにより、第2のT. P. 検索後に作業を完了した領域が、点在することなく一方の旋回境界線側（図7では右側）に集まっている形になる。また、この方式は第2のT. P. 検索終了後に残った領域を作業する時にも、基本的に同じ行動を行えば良いので非常に簡単な定型行動であると言える。下記の表1は本発明による移動ロボットの障害物回避行動パターンを分類した表であり、図9は本発明に係る移動ロボットの障害物回避例を説明する図である。

【0047】

【表1】

移動ロボットの障害物回避行動パターン

	行動パターン	内 容
a	旋 回	作業方向に90度旋回し、作業方向に1レーン移り、さらに同じ方向に90度旋回し、ロボットの向きを180度変える行動
b	一つ前のレーンに回避	以前に通ったことにあるレーンへ作業方向とは逆の方向に移動し、障害物の回避が終了したら元のレーンに戻る行動。
c	レーンチェンジ	一度バックした後に作業方向へ前進しながらレーンを変える行動。
d	180度旋回	ある一ヶ所の点において180度旋回をしてロボットの向きを変える行動。レーンの移動はない。
e	クローズ領域からの脱出	第1のT. P. か、または第2のT. P. か、どちらか近い方のT. P. に移動して、クローズ領域から脱出する。

【0048】移動ロボット10の障害物回避行動パターンは、ロボットの進行方向や障害物の属性により表1のように分類される。

A. ロボットが既に完成した第1のT. P. の進行方向と逆方向に進行している場合

(a) この場合には、ロボットは必ず第1のT. P. の終了点側に行かなければならぬので、表1の行動パターンaに記載の旋回行動を行なう。この場合の旋回例を図9の(a)に示す。

【0049】B. ロボットが既に完成した第1のT. P. の進行方向と同じ方向に進行している場合。この場合はさらに次の(b)～(e)に分類される。

(b) 作業領域の旋回境界線から十分に離れて障害物が存在している場合

この場合は、旋回境界線から十分に離れているので、障害物の裏側は第1のT. P. の終了地点までの間において、十分に作業できるだけの領域が存在しているので、表1の行動パターンbに記載のように、1つ前のレーンへの回避を行い障害物の裏側の作業を行なう。このk=k-1レーンへの回避例を図9の(b)に示す。

(c) 壁に接した長い障害物が存在している場合

この場合は、ロボットの停止している地点より、出発点とは逆の旋回境界線までに存在している障害物の情報が少ない。そこで、表1の行動パターンcに記載したように、レーンチェンジを行って1つ先のレーンへ移動し、強引に奥まで入るようにする。その後ロボットは、180度旋回を行い第1のT. P. の進行方向とは逆の方向に直進する。このレーンチェンジの場合の回避例を図9の(c)に示す。

【0050】

(d) 壁に接した短い障害物を発見した場合

この場合は、ロボットが出発点とは逆の旋回境界線まで無理に到達しなくとも、またその間にある障害物の情報を得なくとも、以後のロボットの行動に関して余り影響が無いので、表1の行動パターンdに記載したように、その地点で180度旋回を行なう。この場合の回避例を図9の(d)に示す。

(e)廻りを障害物で囲まれてしまいT. P. の発見の可能性が困難である場合

この場合は、クローズ領域に陥ったことにし、表1の行

動パターンeに記載したように、必ず第1のT.P.か、または第2のT.P.か、どちらか近い方のT.P.に移動して、そのクローズ領域から脱出することにする。このクローズ領域の例を図9の(e)に示す。またこのクローズ領域からの脱出方法は図14において説明する。

【0051】本発明においては、前記第1及び第2のT.P.や、それによる障害物存在領域を認識する情報処理法として、障害物回避掃引処理部7内のメモリに、

作業領域全体を基盤の目のように細分化した各セルにそれぞれ対応する管理地図用情報メモリを設け、この各セルに対応するメモリに領域の情報を書き込み、障害物の存在領域や、作業状態を管理できるようにした。下記の表2は前記管理地図の各セルに付与するインデックス例を示している。

【0052】

【表2】

セルに付与するインデックス

インデックス	条 件
0	これから作業を始める未作業領域（領域の初期状態）
1	作業が済んでいる領域
2	センサ系によって作業が可能であると判断されていて、かつまだ作業をしていない領域
3	センサ系によって発見された障害物が存在している領域
4	障害物などの影に隠れているために、まだ何も情報を与えられていない領域
5	作業は、行っていないが一度でもロボットが通った領域

【0053】表2に示したインデックスデータは、そのデータ値“0”～“5”により対応する前記各セルの状態を示すものである。そして移動ロボット10内の障害物回避掃引処理部7は、位置検出演算部5が逐次演算する作業中のロボットの位置と、前面及び両側面の各センサ系によって検出されたロボットと障害物との距離及び方向を参考にして、障害物の位置を計算し、そのデータをもとに管理地図の該当セルにインデックスデータを書き込む。また、各々のセルのインデックスデータは、さらにその後のロボットの移動によって得られる新規のデ

ータに基づき、書き換え、更新される。しかし、センサ系の誤差などによって、障害物が実際には存在しているのに障害物がないと判断して旋回をする様な場合を考えられ、この場合は非常に危険である。したがって、ロボットの安全性を考えて、下記の表3、表4のように、「書換の出来る場合」と、「書換の出来ない場合」を設けた。

【0054】

【表3】

インデックスの書換が出来る場合

変化前	変化後	状況
2	3	一回目に通ったときに障害物を発見できなかったがもう一度障害物に接近した場合に障害物を発見した場合
4	3	ある障害物の影に隠れているために障害物を発見できなかつたが、第2のT. P. 検索中にその障害物の後方に廻りそこに障害物を発見した場合
4	2	上記と同様の場合で、障害物の後方に廻り何も発見出来なかつた場合

【0055】

【表4】

インデックスの書換が出来ない場合

変化前	変化後	状況
3	2	一度障害物が存在すると判断したが、もう一度障害物に接近した場合に何も発見できなかつた場合
3	1	前面の障害物センサによって障害物を発見してインデックスを書き込んだセル上を通過する場合
1	全て	作業の終わった領域を他のインデックスに書き換える場合

【0056】以上のような法則を設けて作業領域を作業しながら、管理地図の更新を行なって行くと、作業の進行について次第に情報精度の良い管理地図が完成される。

【0057】図10及び図11は、それぞれ移動ロボットの走行位置と本発明の管理地図の例1及び例2を示す図である。図10の(a)ではロボットが第1のT. P. を走行中であり、同図の(b)では管理地図に障害物の上面の情報のみが書込まれた状態を示している。図11の(a)ではロボットが第2のT. P. を走行中であり、同図の(b)では管理地図に障害物の周囲全面の情報が書込まれた状態を示している。図10及び図11からもわかるように作業領域に点在している障害物を回避し、しかも残った領域を作業するために、前記第1及び第2の2つのT. P. で障害物を挟む方法は障害物の輪郭を掴み易い。従ってレーンを移動する際にもし廻り

に障害物が存在して移動不可能であつても、どれだけ後退すれば障害物に衝突しないでレーンを移動できるかがわかる。また、第2のT. P. 検索後に未作業領域がでれだけ存在し、どのように作業すれば効率よくかつ安全に出来るかが、簡単に計算出来る利点がある。

【0058】次に第1及び第2のT. P. が完成され、ロボットの作業方向(2次元座標のY軸方向)について障害物存在領域が挟まれた後の、残った未作業領域の作業方法について説明する。未作業領域の作業計画を立案するために、障害物回避掃引処理部7は未作業領域をロボットの掃引方向(2次元座標のX軸方向)について、障害物の存在するブロックと障害物の存在しないブロックとに分けて考える。すなわち、第2のT. P. 発見後、ロボットの持っている管理地図情報より、領域全体を作業方向に投影し、第1のT. P. と第2のT. P. の間で、障害物の存在するブロック(ブロック1)、障

害物の存在しないブロック（ブロック2）、T.P.検索中に作業の終了したブロック（ブロック3）との3つに分け、それぞれのブロックが、ロボットの進行方向に対してどこまで続いているかを計算する。図12は、図11の（b）に示した管理地図における未作業領域のブロック分類例を示す図である。同図のように未作業領域のブロック分類が行なわれた後に、それらのブロックを第1のT.P.の出発点側の旋回境界線より1ブロックづつ作業を行うようにする。

【0059】ブロック分け後の作業は、次のような方式にする。基本的には、ある1つの障害物が存在しないブロックを中心に考えるが、ブロックを効率よく作業するために、ロボットが障害物により行く手を阻まれたり、すでに作業の終了している地点まで到達するまで、レーンを変えずに作業を続け、そのブロックに隣接している他のブロックをも、作業するようにする。レーンを変えた後に障害物を発見したならば、第2のT.P.検索中に定めた障害物の属性を判断して次の行動に移る。

【0060】図13は本発明に係る第2のT.P.検索後に残った未作業領域の作業順序例を示す図であり、同図によれば、第2のT.P.検索中に作業の終了したブロックである作業領域の右側のブロックから、中央のブロックである次の作業ブロックの作業に移り、さらに別の障害物により左側のブロックである新作業ブロックに移行する作業順序の例が示される。この移動方式によって、ある1つの障害物が存在しないブロックの作業が終了したならば、安全な通路である第1または第2のT.P.のどちらかを通って次の障害物が存在しないブロックへ移動し、そこの作業に移る。これらの動作を繰り返すことによって、第2のT.P.検索後に残った領域を全て作業するようにし、その領域の作業が全て終了したならば、新規の領域のレーンに移動し、この領域で新規の第1及び第2のT.P.検索を行ないながら作業を行なう。

【0061】次にクローズ領域の作業方法について説明する。これまでの説明においては、ロボットが、迷路に陥らないという前提で話を進めてきたが、実際には、例えば図9の（e）に示されるようなコの字形の障害物が存在している場合に、作業方向が一定であるために迷路に陥る可能性がある。この場合、ロボットは、出来るだけ安全に、その領域の多くの部分を作業して、しかも、その領域から出来るだけ簡単に脱出できなければならぬ。この迷路からの脱出は次的方式により行なう。ロボットが第2のT.P.検索時であれば、第1のT.P.の進行方向と逆方向に、また第2のT.P.検索後であれば、第2のT.P.の進行方向と逆方向にそれぞれ進行している場合において、障害物もしくは、旋回境界線のために、ロボットが停止したとする。そのときに、ロボットが停止している地点から、後方を図12で説明したブロック分類と同じ方法で作業領域を判断する。そし

てロボット停止位置から、旋回境界線まで全てが、障害物の存在している領域であると判断した場合には、クローズ領域に陥ったものとしてクローズ領域の作業方法に移る。

【0062】図14はクローズ領域例と本発明による掃引方法を説明する図であり、同図によりクローズ領域の作業方法を説明する。図14においては、移動ロボット10は#1レーンの左端から右端に作業を終え、#2レーンに移り右端から左端に進行中に前面にコの字形の障害物と遭遇する。このコの字形の障害物によりクローズ領域と判断して、コの字形の一番奥までロボットが旋回できる領域が続いている領域（旋回可能領域）とその中心線を探し、その旋回可能領域の中心線まで後退し、次の#3レーンに移動する。この移動後の#3レーンを旋回可能領域の中心線から前進して作業し、障害物もしくは、旋回境界線に達したら、旋回可能領域の中心線まで後退し、同じレーンにおいて180度旋回をして、いままでと逆の方向へ、同様に作業できるところまで前進し、その後、旋回可能領域の中心線まで後退し、次の#4レーンに移る。このようにして#5レーンで旋回可能領域の中心線から障害物までの作業を終えて後退すると、もはや逆方向に進むことも、さらに奥に入ることもできない、旋回不能地点に達したことになるので、ここでこの領域から脱出する。

【0063】この脱出法は図14の破線で示すように、旋回可能領域の中心線を作業方向とは逆方向に#1レーンまで、即ちクローズ領域を判断した領域から脱出するまで移動し、この#1レーン上を最初に通った方向と逆の方向に進行し、第2のT.P.検索中であればそのまま検索動作に戻り、第2のT.P.検索後であればクローズ領域に陥る前に作業を行った障害物の存在しない領域に移る。ただしクローズ領域脱出後、その領域の裏側に、さらにクローズ領域が存在する可能性があるが、この領域に陥ったならば、脱出時において、安全に第1または第2のT.P.まで移動できない可能性があるので、クローズ領域の存在する領域においては、脱出中はレーンを変えないようにし、その領域以外のところまで後退しレーンを変えるようにする。この方式によって、ロボットは、クローズ領域内においてさらに迷路に陥ることが無く効率良く作業ができ、しかも、いつでもその領域から脱出することが可能である。

【0064】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、所定作業領域の床面を移動しながら作業を行なう移動ロボットの床面掃引方法または装置において、位置検出演算手段は方位センサ及び走行距離センサからの信号によりロボットの位置を算出し、障害物検出手段は前記所定作業領域内における移動ロボットの進行方向を含む複数の方向のいずれかに存在する障害物を検出する。そして障害物不在領域掃引手段、障害物存在領域掃引及び認識処理

手段並びに障害物存在未掃引領域掃引処理手段とを含む障害物回避掃引処理手段は、前記位置検出演算手段が演算した移動ロボットの位置情報及び前記障害物検出手段が検出した障害物情報により、障害物を回避しながら前記所定作業領域の床面を余すところなく掃引する計画を生成し、該生成した掃引計画に基づき、移動ロボットの走行制御指令を出力するようにしたので、床面を作業する移動ロボットが障害物回避により作業が出来なくなる面積が極めて少なくなり、また未作業領域や重複作業領域もなくなり作業効率が向上し、さらに障害物と衝突しない安全率の改善が計られるという効果が得られる。

【0065】また本発明によれば、前記位置検出演算手段に付加された物標位置及び距離測定手段は前記移動ロボットからその左方及び右方に存在する壁等の参照物標の位置と該物標までの距離をそれぞれ超音波により測定するようにしたので、位置検出演算手段は前記参照物標の位置及び距離情報をロボットの位置情報に基づき、誤差を含む方位センサ及び走行距離センサから入力され算出された方位データ及び位置データを較正し、移動ロボットの精度の良い方位及び位置を算出することができるという効果が得られる。

【0066】また本発明によれば、前記障害物回避掃引処理手段に管理地図用情報メモリ及び情報処理手段とが付加され、前記管理地図用情報メモリは前記所定作業領域を細分化した各単位面積にそれぞれ対応して設けられ、情報処理手段は前記設けられた管理地図用情報メモリに障害物の存在情報や作業管理情報を作業の進歩に応じて順次記憶させ、必要に応じ更新させるようにしたので、障害物存在未掃引領域内において作業効率良く障害物の回避及び掃引計画を生成することができるという効果が得られる。

【0067】また本発明によれば、前記障害物回避掃引処理手段に付加されたクローズ領域掃引及び脱出処理手段は、前記障害物存在領域内に前記移動定型パターンによっては移動できないクローズ領域が存在する場合に、該クローズ領域内で旋回可能領域を探索し、該旋回可能領域を利用する移動可能領域の掃引処理と、該掃引処理終了後に前記クローズ領域から旋回可能領域を経由する脱出処理を行なうようにしたので、移動ロボットが迷路に入り脱出不能となることがなく、クローズ領域内でも効率良く作業を行なって脱出することができるとい

効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る移動ロボットの床面掃引装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明に係る移動ロボットの超音波による障害物検出手段の説明図である。

【図3】本発明に係る移動ロボットの光学的な障害物検出手段の説明図である。

【図4】超音波測距器の動作を説明する波形図である。

【図5】本発明に係る超音波による物標位置及び距離測定法の説明図である。

【図6】本発明で使用する用語を説明するための図である。

【図7】本発明による移動ロボットの床面掃引方法を説明するための図である。

【図8】本発明に係る移動ロボットの床面掃引方法の処理順序を示すフローチャートである。

【図9】本発明に係る移動ロボットの障害物回避例を説明する図である。

【図10】移動ロボットの走行位置と本発明の管理地図の例1を示す図である。

【図11】移動ロボットの走行位置と本発明の管理地図の例2を示す図である。

【図12】本発明に係る未作業領域のブロック分類例を示す図である。

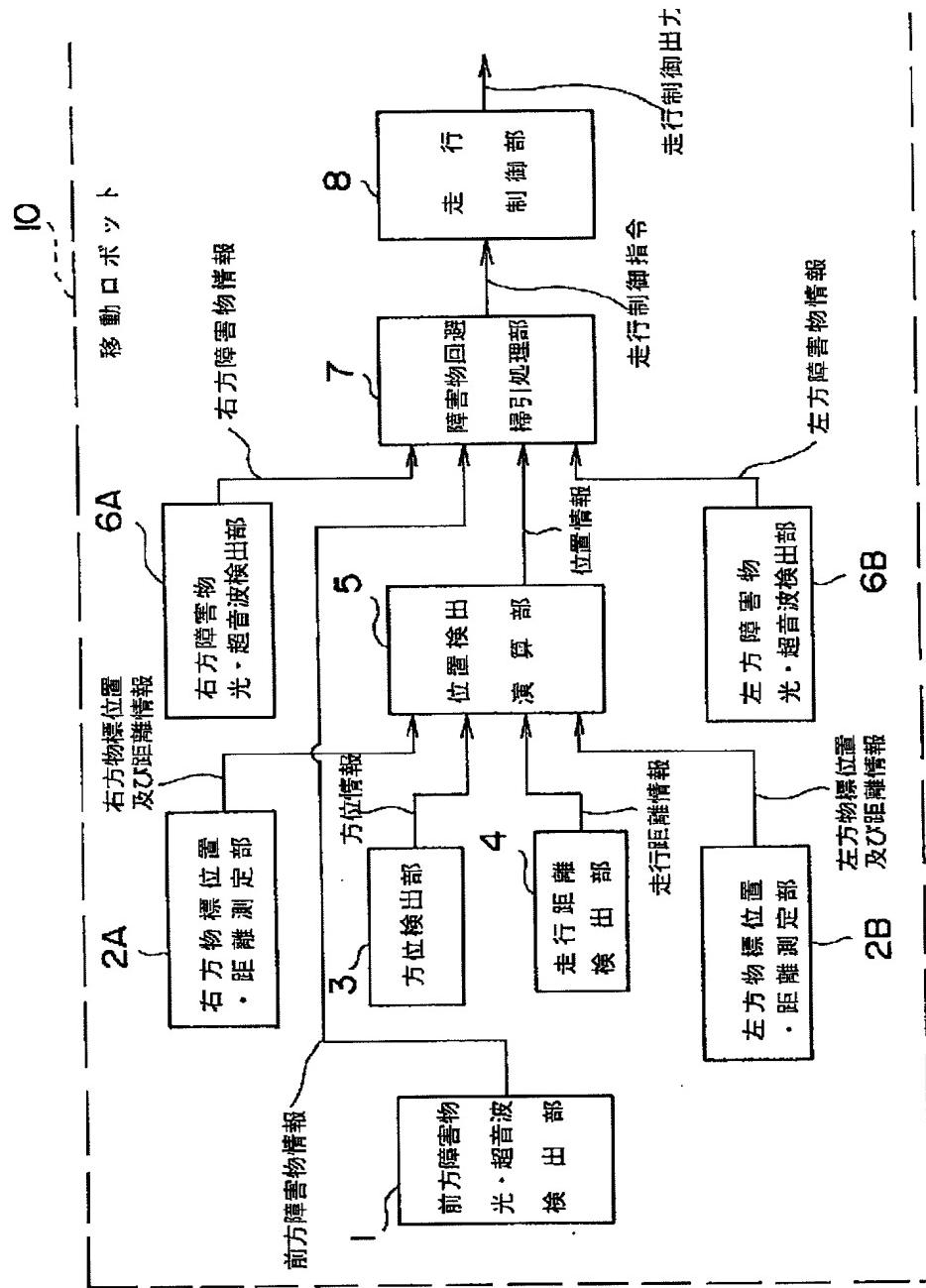
【図13】本発明に係る第2のT.P.検索後に残った未作業領域の作業順序例を示す図である。

【図14】クローズ領域例と本発明による掃引方法を説明する図である。

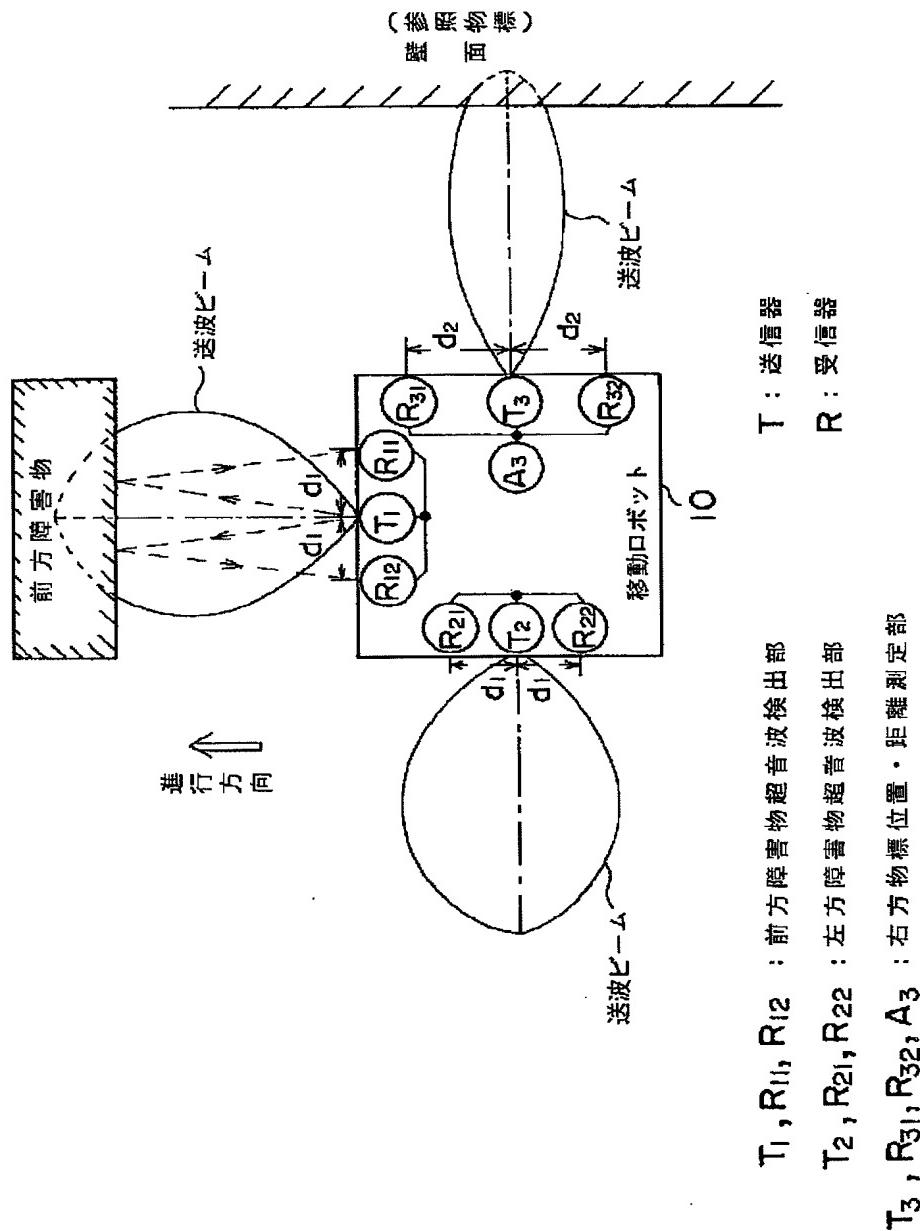
【符号の説明】

- 1 前方障害物光・超音波検出部
- 2 A 右方物標位置・距離測定部
- 2 B 左方物標位置・距離測定部
- 3 方位検出部
- 4 走行距離検出部
- 5 位置検出・演算部
- 6 A 右方障害物光・超音波検出部
- 6 B 左方障害物光・超音波検出部
- 7 障害物回避掃引処理部
- 8 走行制御部

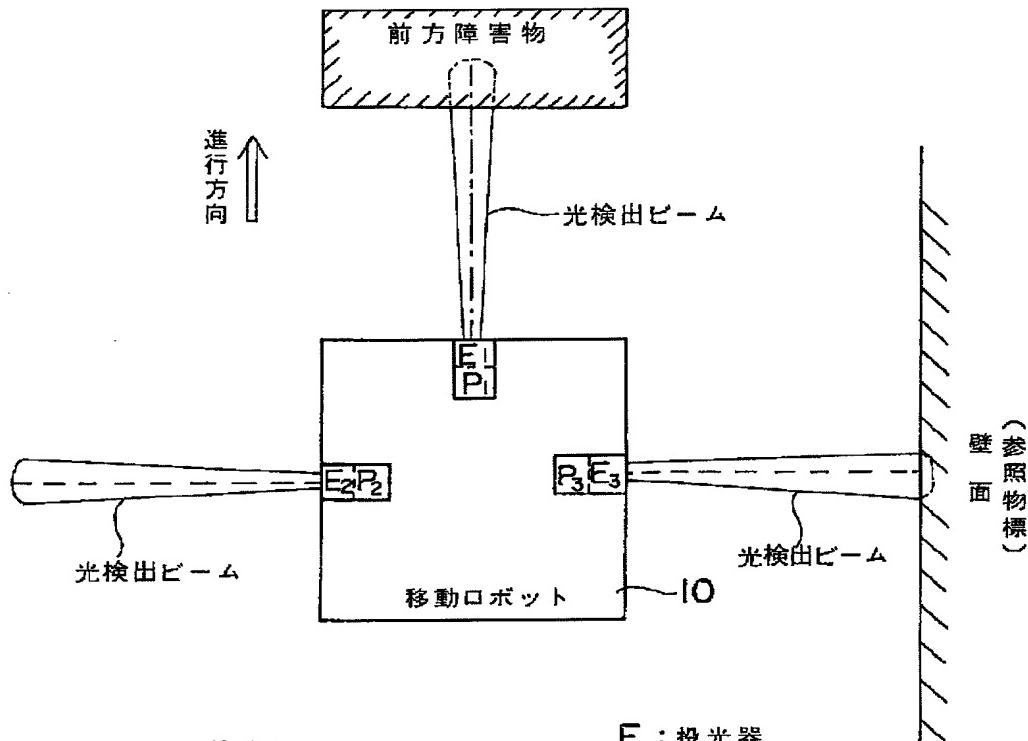
【図1】



【図2】



【図3】



E_1, P_1 ：前方障害物光検出部

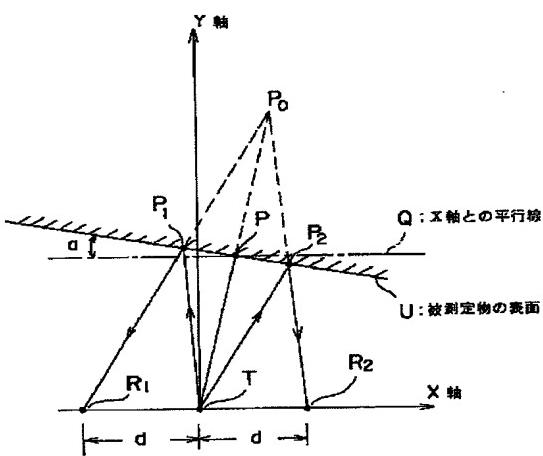
E_2 , P_2 : 左方障害物光検出部

E_3 , P_3 :右方障害物光検出部

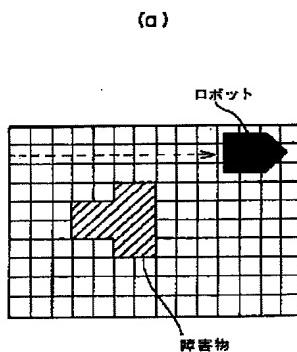
E：投光器

P：受光器

【図5】

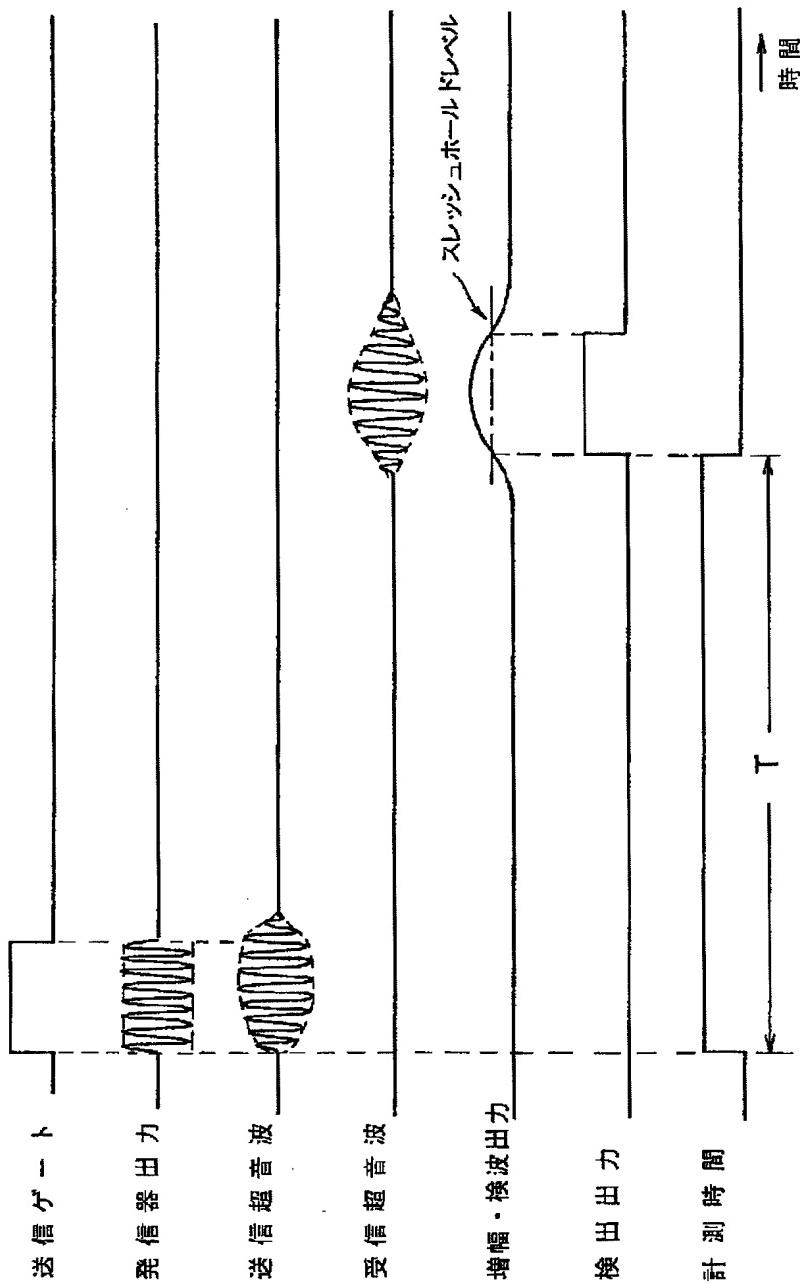


【図 10】



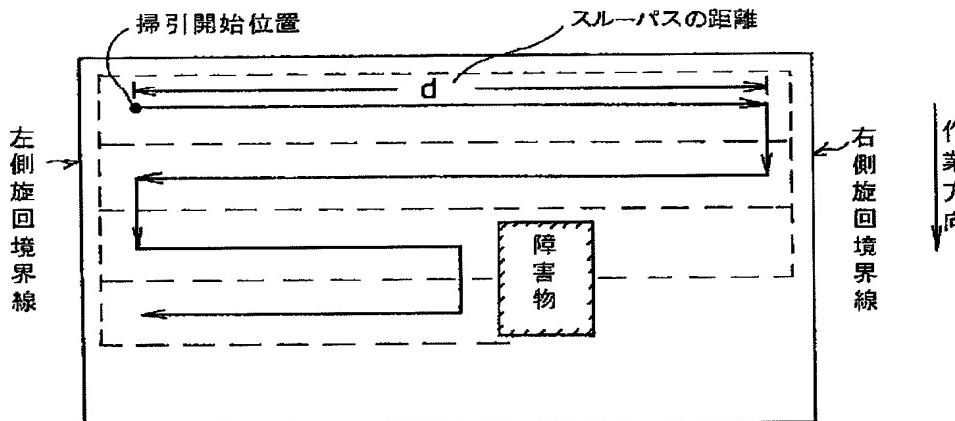
第1のT.P.を走行時の管理地図

【図4】



【図6】

(a) 長方形の作業領域



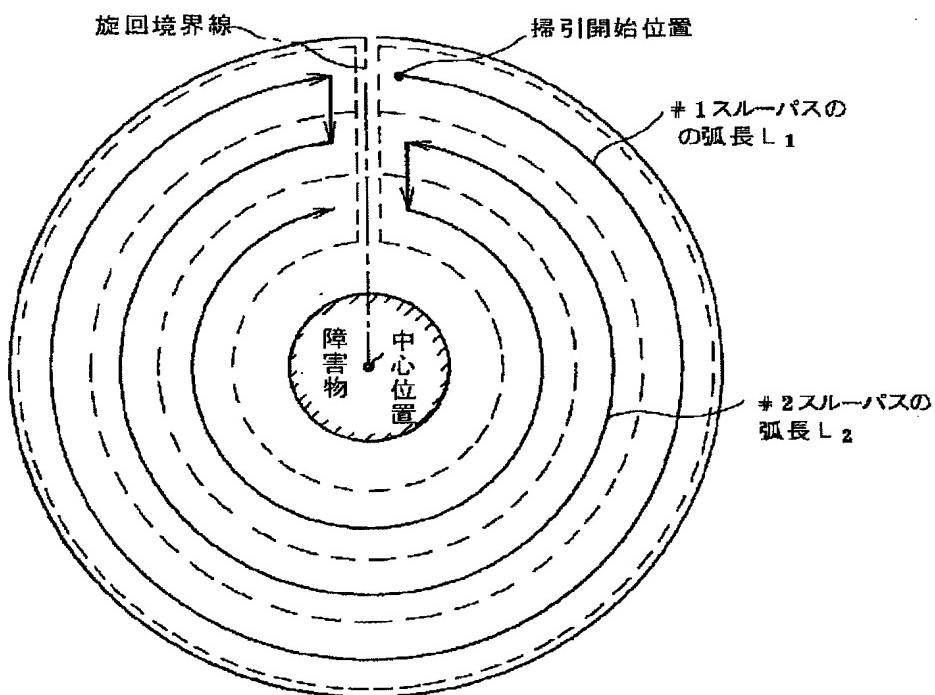
【図12】

未作業領域のブロック分類例

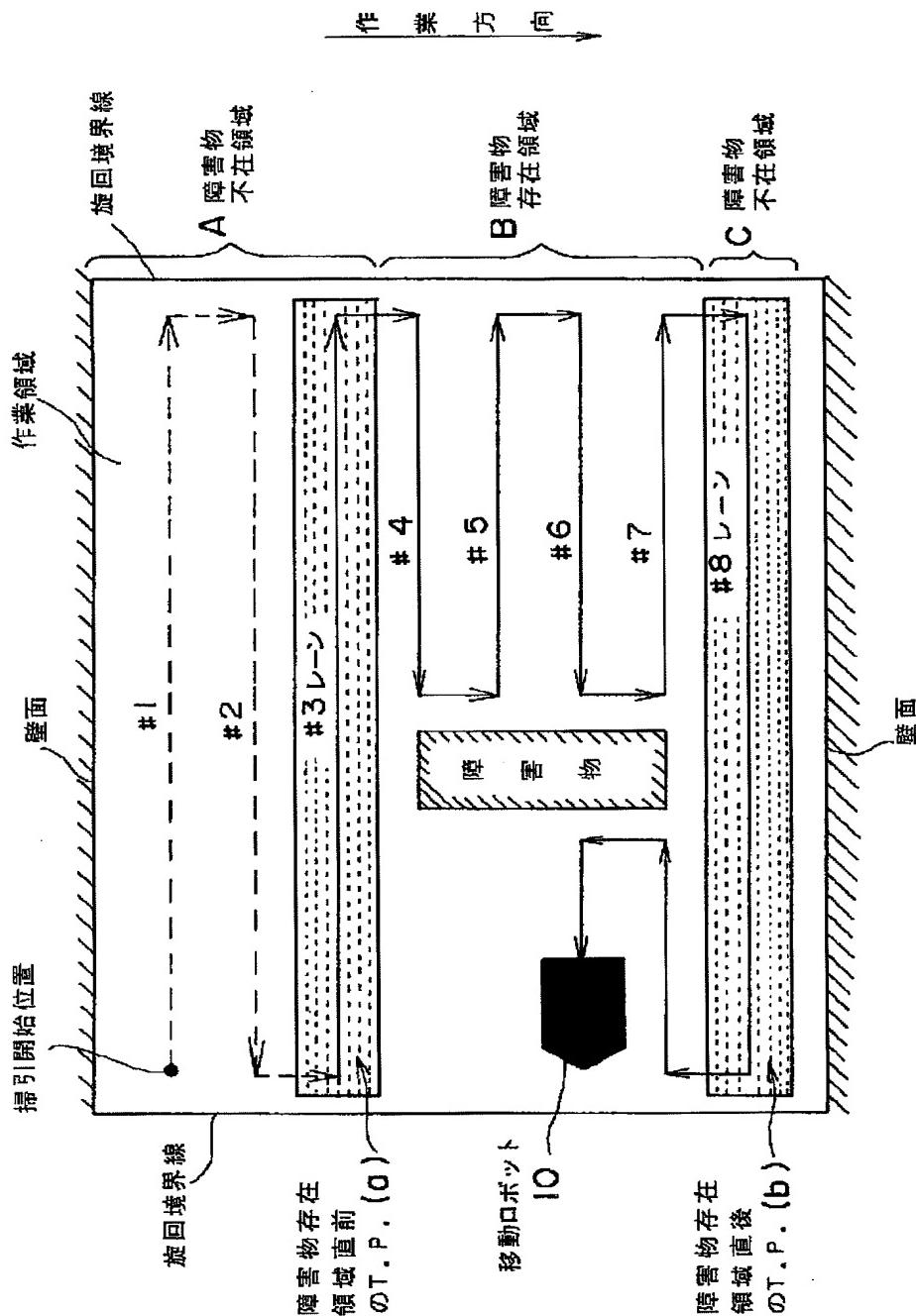
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	2	2	2	2	3	3	5	5	5	5	5
2	2	2	3	3	4	3	5	5	5	5	5
2	2	2	3	3	4	3	5	5	5	5	5
2	2	2	2	2	3	3	5	5	5	5	5
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

ブロック2 ブロック1 ブロック3

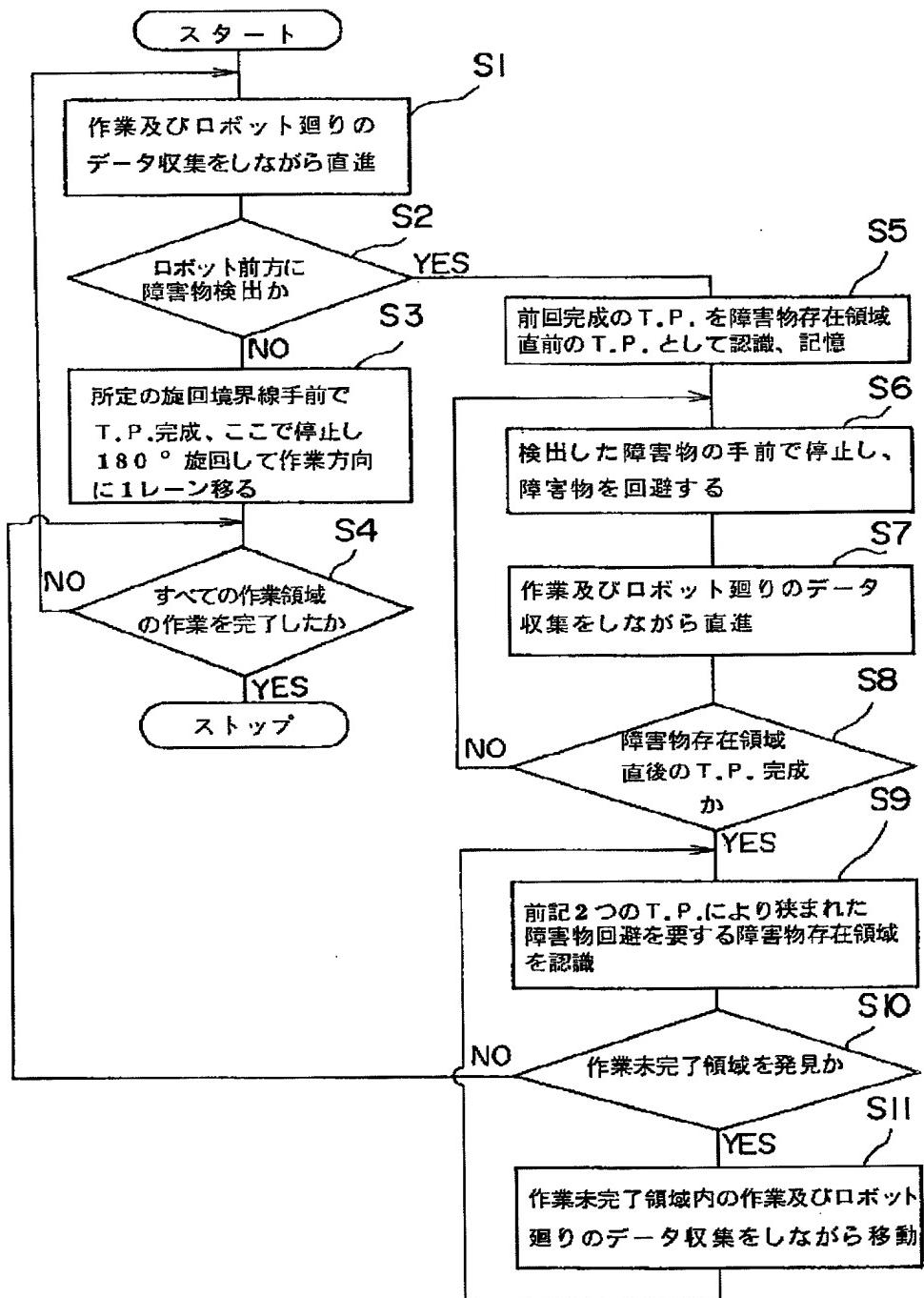
(b) 円形の作業領域



【図7】



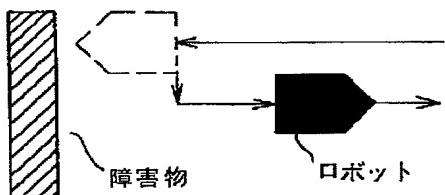
【図8】



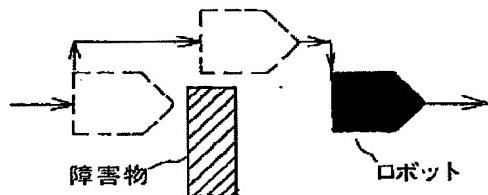
【図9】

(a)

旋回例

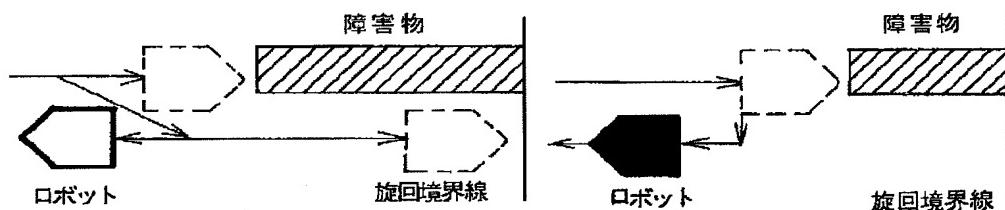


(b)

 $k = k = 1$ レーンへの回避例

(c)

壁に接した長い障害物の例



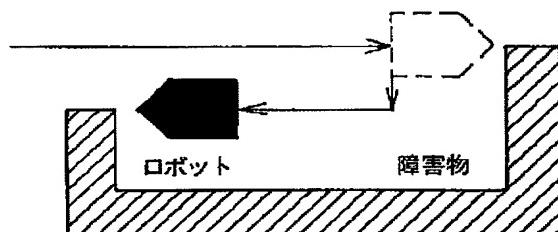
(d)

壁に接した短い障害物の例

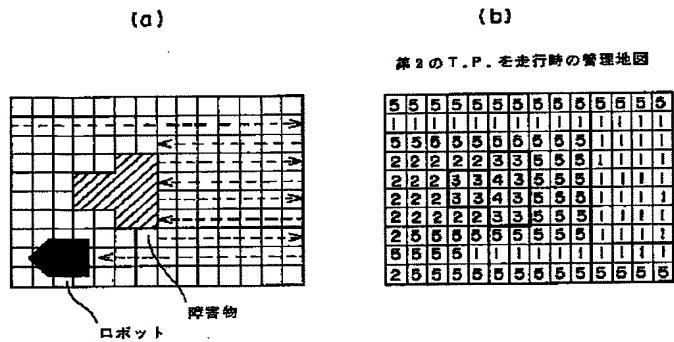


(e)

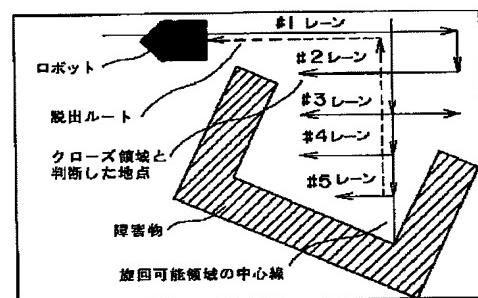
クローズ領域の例



【図11】

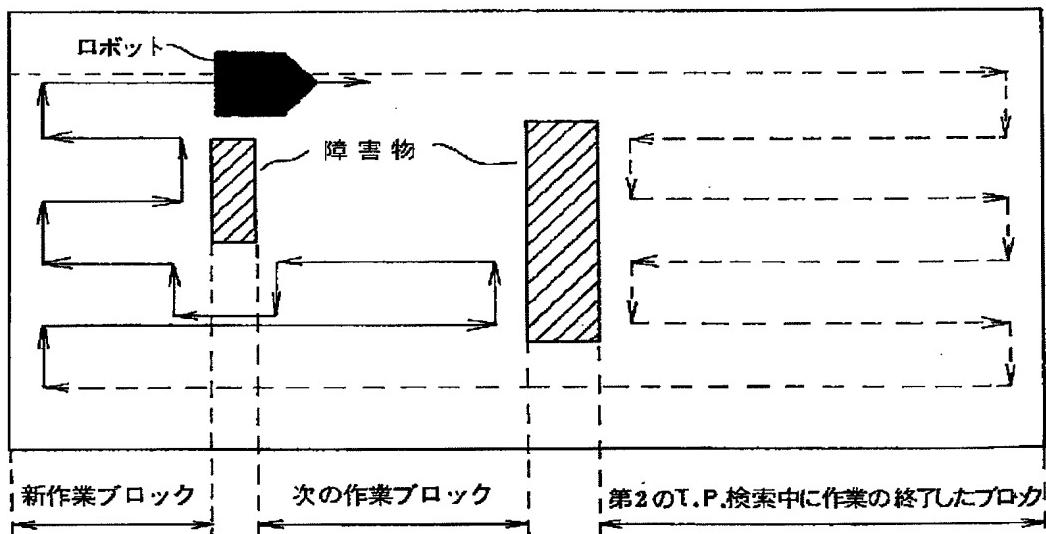


【図14】



【図13】

第2のT.P.検索後に残った未作業領域の作業順序例



フロントページの続き

(72)発明者 竹内 巨幸
東京都大田区南蒲田2丁目16番46号 株式
会社トキメック内